



Чайковська Є. Є.

РОЗРОБКА МЕТОДУ ПІДТРИМКИ СПІВВІДНОШЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ТА СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ

Запропонована підтримка співвідношення виробництва та споживання електричної енергії та теплоти на основі інтелектуальної системи, основу якої складає інтегрована динамічна підсистема з використанням когенераційної установки, акумуляторної батареї та теплоелектроакумулятора. Прогнозування зміни параметрів технологічного процесу дозволяє знизити собівартість виробництва енергії та шкідливі викиди двоокису вуглецю до 10–15 %.

Ключові слова: інтелектуальна система, електрична енергія, теплота, акумуляторна батарея, теплоелектроакумулятор, прийняття рішень.

1. Вступ

Основними перевагами когенераційних систем в умовах ресурсо- та енергозбереження є збільшення ефективності за рахунок використання утилізованої теплоти, зменшення витрат на передачу енергії, можливість використання біопалива й інших альтернативних видів палива, зниження шкідливих викидів двоокису вуглецю, т. ін. Однак, умови когенерації ускладнені необхідністю регулювання співвідношення виробництва електроенергії та теплоти при непостійності їх споживання. Збитковість же виробництва електроенергії в години найменшого споживання не дозволяє використання когенераційних установок в повній мірі. Цим обґрунтовується актуальність даної роботи.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Відомі методи оптимізації енергетичних систем — економічний, ексергетичний, термoeкономіки дозволяють визначати оптимальні умови їх експлуатації на статичному рівні, що ускладнює узгодження виробництва та споживання енергії в реальних умовах функціонування енергетичних систем, у тому числі й когенераційних. Так, в роботі [1] представлено методику розрахунку відносної економії палива в когенераційних та когенераційно-теплонасосних установках у порівнянні із роздільними засобами виробництва електричної енергії та теплоти. Здобуті на основі методики інтегральні характеристики економічності в широкому діапазоні зміни головних теплотехнічних параметрів дозволяють проводити аналіз ефективності теплових схем щодо вибору оптимального енергетичного обладнання у їх складі, але тільки у статичних режимах. В роботі [2] проведено ексергетичний аналіз на основі визначення ексергетичних втрат в елементах когенераційної установки. При проведенні ексергетичного аналізу прийнято допущення щодо функціонування когенераційної системи за електричним чи тепловим графіком навантаження без узгодження із споживанням. В роботі [3] викладено методику оптимізації техніко-економічних параметрів теплової схеми на основі ексергоeкономічного аналізу. Отримано залежності для оцінки термодинамічної й економічної ефективності основних компонентів систе-

ми. На основі статичної оцінки параметрів технологічного процесу когенерації не завжди можливо забезпечити підтримку співвідношення виробництва електричної енергії та теплоти в складних умовах не збігу їх споживання. Тому, з цією ціллю використовують ускладнені теплові схеми за рахунок встановлення додаткових теплообмінників, теплоакумуляторів, т. ін. [4]. Так, наприклад, стаціонарні системи гарячого водопостачання на основі когенераційно-теплонасосних технологій мають у своєму складі значний комплекс енергообладнання. У якості низькопотенційного джерела енергії запропоновано використання колектора стічних вод, що також потребує додаткових капіталовкладень [5]. Так, передова когенераційна технологія використовує дороговартісні експертні діагностичні системи щодо підтримки виробництва енергії, але без можливості узгодження із споживанням для прогнозування зміни параметрів технологічного процесу [6]. А, в роботі [7] запропоновано регулювання співвідношення виробництва теплоти та електричної енергії з використанням теплоакумулятора, що на основі розробленого алгоритму вдовольняє навантаження опалення в години найменшого споживання електроенергії з ціллю зниження її виробництва, але без узгодження із споживанням теплоти.

Для підтримки функціонування когенераційних систем необхідно здобути функціональну оцінку співвідношення виробництва та споживання енергії в єдиному інформаційному просторі для можливості прогнозування зміни параметрів технологічного процесу, а не ліквідації наслідків їх зміни [8].

3. Ціль та задачі дослідження

Ціллю роботи є розробка методу інтегрованого прийняття рішень на підтримку співвідношення виробництва та споживання електричної енергії та теплоти.

Відповідно до поставленої цілі поставлені наступні задачі дослідження:

- провести аналіз оптимізації когенераційних технологій та обґрунтування необхідності функціональної оцінки співвідношення між виробництвом та споживанням енергії;
- запропонувати архітектуру інтелектуальної системи, основу якої складає інтегрована динамічна

підсистема, що включає когенераційну установку, акумуляторну батарею та теплоелектроакумулятор;
— виконати математичне моделювання динаміки електроакумулятора та теплоелектроакумулятора;
— виконати контроль працездатності та ідентифікацію стану електроакумулятора та теплоелектроакумулятора щодо здобуття інформації на рівні прийняття рішень;
— розробити метод інтегрованого прийняття рішень на підтримку співвідношення виробництва та споживання енергії у складі запропонованої інтелектуальної системи.

4. Підтримка співвідношення виробництва та споживання електроенергії та теплоти на рівні прийняття рішень

Так, на основі методологічного та математичного обґрунтування архітектури інтелектуальних систем запропонована система акумуляування [9, 10], що дозволяє прогнозувати зміну напруги заряду та розряду з використанням аналітичної оцінки зміни температури електроліту в порах пластин та над пластинами електроакумулятора, що змінюється за часом раніше, ніж щільність електроліту та напруга. Використання теплової акумуляючої ємності електроліту зменшує час заряду до 30 %. На основі аналітичної оцінки зміни температури води в теплоелектроакумуляторі впродовж заряду здобута інтегрована система зміни температури води, що нагрівається, при виконанні рішень на зміну витрати води продовж заряду. Визначено, що прийняття прогнозуючих рішень на зміну рівня акумуляування теплоти за рахунок зміни витрати води, що нагрівається, надає можливість скоротити термін заряду до 30 % та додатково акумуляувати якісну енергію в електроакумуляторних батареях [10].

На основі методологічного та математичного обґрунтування архітектури інтелектуальних систем [8] можливо запропонувати архітектуру системи підтримки співвідношення виробництва та споживання енергії, основою якої є інтегрована динамічна підсистема, що включає когенераційну установку, акумуляторну батарею та теплоелектроакумулятор (рис. 1).

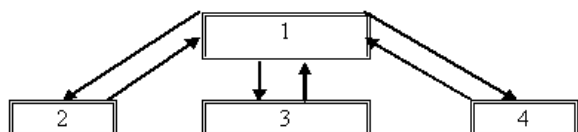


Рис. 1. Інтелектуальна система виробництва та споживання енергії: 1 — інтегрована динамічна підсистема (когенераційна установка, акумуляторна батарея, теплоелектроакумулятор); 2 — блок заряду; 3 — блок оцінки функціональної ефективності; 4 — блок розряду

Математичне обґрунтування архітектури інтелектуальної системи виробництва та споживання енергії:

$$IS = \left\{ \left[D(P(\tau) \langle x_0(\tau), x_1(\tau), x_2(\tau), f(\tau), K(\tau), y(\tau), d(\tau) \rangle), \right. \right. \\ \left. \left. R(\tau), P(\tau) \right], R(\tau), (P_i(\tau) \langle x_1(\tau), f_i(\tau), K_i(\tau), y_i(\tau) \rangle) \right\}$$

де IS — інтелектуальна система; D — динамічна підсистема; P — властивості елементів інтелектуальної системи;

τ — час; c ; x — умови; f — параметри, що діагностуються; K — коефіцієнти математичного опису; y — вихідні параметри; d — динамічні параметри; R — відносини в IS . Індеси: i — число елементів інтелектуальної системи; 0, 1, 2 — початковий режим, зовнішній, внутрішній характер впливів.

З використанням математичних моделей динаміки електроакумулятора та теплоелектроакумулятора [9, 10] на основі графа причинно-наслідкових зв'язків [8] (рис. 2) виконано контроль працездатності та ідентифікацію стану електроакумулятора та теплоелектроакумулятора [9, 10] щодо здобуття підсумкової інформації на рівні прийняття рішень. На основі здобутої інформації можливо запропонувати використання інтегрованої логічної моделі — методу інтегрованого прийняття рішень щодо підтримки співвідношення виробництва та споживання електричної енергії та теплоти у складі інтелектуальної системи.

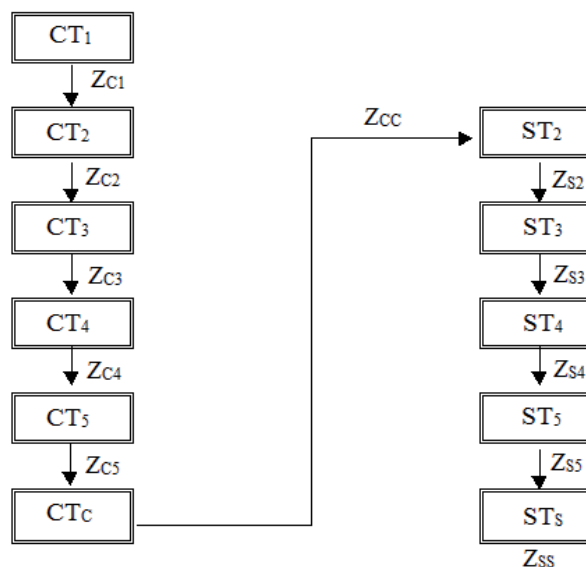


Рис. 2. Граф причинно-наслідкових зв'язків динамічної підсистеми: CT — контроль події; Z — логічні відносини; ST — ідентифікація події. Індеси: 1 — впливи; 2 — внутрішні параметри, що діагностуються; 3 — коефіцієнти рівнянь динаміки; 4 — істотні параметри, що діагностуються; 5 — динамічні параметри; c — контроль працездатності; s — стан

Так, наприклад, при розряді когенераційної установки на основі контролю працездатності та ідентифікації стану електроакумулятора з використанням передатної функції, що оцінює зміну температури електроліту в порах пластин та над пластинами при зміні температури електроліту об'єму електроакумулятора можливо здобути таку аналітичну оцінку зміни температури електроліту в порах пластин та над пластинами при заряді [9, 10]:

$$(CT_c(\tau)(\Delta t(\tau) / \Delta t_{\text{ст. розр. зар.}}(\tau) < \\ < \Delta t_{\text{розр.}}(\tau) / \Delta t_{\text{ст. розр. зар.}}(\tau))), \quad (1)$$

що дозволяє прийняти своєчасне рішення на розряд акумуляторної батареї (рис. 3):

$$(P(\tau)(t_c(\tau)(-))), Z_{cc}(\tau), \quad (2)$$

для виконання заряду теплоелектроакумулятора на основі підсумкової інформації:

$$(CT_c(\tau), (\Delta t(\tau) > \Delta t_{\text{розр. низ.}}(\tau))), \quad (3)$$

здобутої на основі контролю його працездатності з використанням передатної функції, що оцінює зміну температури води, що нагрівається при зміні її витрати [9, 10].

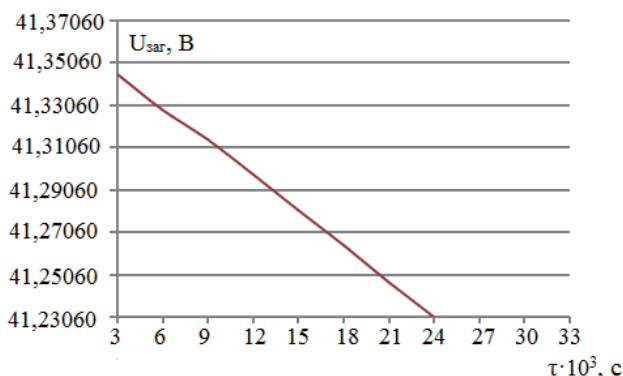


Рис. 3. Зміна загальної напруги $U_{\text{зар}}$ 48 В впродовж часу розряду, де $U_{\text{зар}}$ — загальна напруга, В; τ — час, с

Прийняття рішення (2) та використання підсумкової інформації (3) надають можливість збільшити потужність теплоелектроакумуляування, впливаючи на збільшення витрати води, що нагрівається:

$$(P(\tau)(G_v(\tau)(+))), Z_{cc}(\tau), \quad (4)$$

з використанням інтегрованої системи оцінки підтримки процесу заряду теплоелектроакумулятора (табл. 1).

Таблиця 1

Підтримка процесу заряду теплоелектроакумулятора

Час, τ , год., °C	1	2	3	4	5	6	7
Пуск $G_b = 0,0055 \text{ кг/с}$	30	—	—	—	—	—	—
Заряд $G_b = 0,0055 \text{ кг/с}$	—	66,9	69,14	—	—	—	—
Прийняття рішення Заряд $G_b = 0,0063 \text{ кг/с}$	—	—	—	75,96	78,5	79,4	—
Прийняття рішення Заряд $G_b = 0,014 \text{ кг/с}$	—	—	—	—	—	—	82,4
Час, τ , год., °C	8	9	10	11	12	13	14
Заряд $G_b = 0,014 \text{ кг/с}$	84,5	86	87,1	87,9	88,5	89	89,3
Час, τ , год., °C	15	16	17	18	19	20	21
Заряд $G_b = 0,014 \text{ кг/с}$	89,5	89,6	89,7	89,8	89,9	90	90

При заряді когенераційної установки на основі контролю працездатності та ідентифікації стану електроакумулятора з використанням передатної функції, що оцінює зміну температури електроліту в порах пластин та над пластинами при зміні температури електроліту в об'ємі електроакумулятора можливо прийняти своєчасне рішення на заряд акумуляторної батареї (рис. 4) [9, 10]:

$$(P(\tau)(t_e(\tau)(+))), Z_{cc}(\tau), \quad (5)$$

на основі аналітичної оцінки зміни температури електроліту в порах пластин та над пластинами при розряді [9–10]:

$$(CT_c(\tau)(-\Delta t(\tau) / -\Delta t_{\text{ст. розр. роз.}}(\tau) > -\Delta t_{\text{розр}}(\tau) / \Delta t_{\text{ст. розр. роз.}}(\tau))), \quad (6)$$

та на заряд теплоелектроакумулятора з використання підсумкової інформації (3) щодо подальшого використання теплоти при розряді когенераційної установки, де G — витрата речовини, кг/с; t — температура робочого тіла, К; τ — час, с. Індеси: c — контроль працездатності; v — вода, що нагрівається; e — електроліт об'єму електроакумулятора; низ. — низький рівень функціонування; розр., ст. — розрахункове, стає значення параметра; зар., роз. — заряд, розряд.

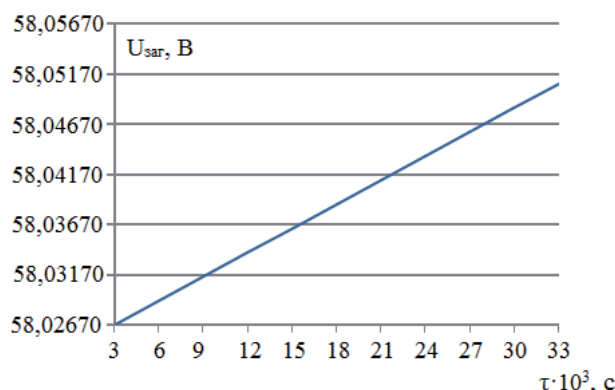


Рис. 4. Зміна загальної напруги $U_{\text{зар}}$ 48 В впродовж часу заряду, де $U_{\text{зар}}$ — загальна напруга, В; τ — час, с

5. Висновки

1. Розроблено метод інтегрованого прийняття рішень в умовах не збігу виробництва та споживання енергії; розроблена логічна модель.

2. При зміні споживання електричної енергії в межах рівня потужності когенераційної установки можливо приймати попереджувальні рішення на зміну рівня виробництва теплоти щодо подальшого використання теплоти у складі когенераційної установки. Прогнозування зміни напруги заряду та розряду акумуляторної батареї дозволяє забезпечувати не тільки функціонування теплоелектроакумулятора, а й своєчасно виконувати економне електроакумуляування як в години збиткового виробництва електроенергії, так і при зниженні споживання.

3. У зв'язку із збитковістю виробництва електричної енергії в години найменшого споживання, тобто в нічні години, когенераційні установки функціонують 6000 годин на рік. Розроблений метод інтегрованого прийняття рішень щодо підтримки співвідношення виробництва та споживання енергії дозволяє за рахунок додаткового використання когенераційної установки до 2000 годин на рік додатково акумуляувати до 30 % виробленої електричної енергії, що надає можливість зменшити собівартість виробництва енергії та шкідливі викиди двоокису вуглецю до 10–15 % з урахуванням збільшення сервісного обслуговування когенераційної установки за рахунок підключення електроакумуляторів.

Література

1. Билека, Б. Д. Экономичность когенерационных и комбинированных когенерационно-теплонасосных установок с газопоршневыми и газотурбинными двигателями [Текст] / Б. Д. Билека, Р. В. Сергиенко, В. Я. Кабков // *Авиационно-космическая техника и технология*. — 2010. — № 7(74). — С. 25–29.
2. Горобець, В. Г. Ексергетичний аналіз ефективності енергетичних систем для комплексного виробництва електричної та теплової енергії з використанням поновлювальних джерел енергії [Текст] / В. Г. Горобець, Б. Х. Драганов // *Відновлювальна енергетика*. — 2010. — № 3(22). — С. 5–12.
3. Баласанян, Г. А. Оптимізація параметрів теплової схеми інтегрованої системи енергоспоживання [Текст] / Г. А. Баласанян, А. С. Мазуренко // *Труды Одесского политехнического университета*. — 2006. — № 1(25). — С. 59–65.
4. Басок, Б. И. Перспективные когенерационные теплонасосные схемы геотермальной энергетики [Текст] / Б. И. Басок, Т. А. Резакова, Д. М. Чалаев // *Промышленная теплотехника*. — 2006. — № 2, Т. 28. — С. 36–40.
5. Билека, Б. Д. Когенерационно-теплонасосные технологии в схемах горячего водоснабжения большой мощности [Текст] / Б. Д. Билека, Л. К. Гаркуша // *Промышленная теплотехника*. — 2012. — № 4, Т. 34. — С. 52–57.
6. Федулов, С. П. Когенерация агропромышленного комплекса. Передовые проекты [Текст] / С. П. Федулов // *Турбины и дизели*. — 2013. — № 2. — С. 18–22.
7. Колесниченко, Н. В. Использование бака-аккумулятора для регулирования нагрузок мини-ТЭЦ [Текст] / Н. В. Колесниченко, М. Ю. Водолазская // *Наукові праці Донецького національного технічного університету*. — 2011. — № 10(180). — С. 67–72.
8. Чайковская, Е. Е. Оптимизация энергетических систем на уровне принятия решений [Текст] / Е. Е. Чайковская // *Промышленная теплотехника*. — 2013. — № 7, Т. 35. — С. 169–173.
9. Чайковська, Є. Є. Підтримка електроаккумуляції на рівні прийняття рішень [Текст] / Є. Є. Чайковська // *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». — 2012. — № 50(956). — С. 124–127.
10. Чайковська, Є. Є. Підтримка акумулювання на рівні прийняття рішень [Текст] / Є. Є. Чайковська // *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування». — 2013. — № 14(988). — С. 127–133.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОДДЕРЖАНИЯ СООТНОШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Предложено поддержание соотношения производства и потребления электрической энергии и теплоты на основе интеллектуальной системы, основу которой составляет динамическая подсистема с использованием когенерационной установки, аккумуляторной батареи и теплоэлектроаккумулятора. Прогнозирование изменения параметров технологического процесса позволяет снизить себестоимость производства энергии и вредные выбросы двуокиси углерода до 10–15 %.

Ключевые слова: интеллектуальная система, электрическая энергия, теплота, аккумуляторная батарея, теплоэлектроаккумулятор, принятие решений.

Чайковська Євгенія Євстафіївна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент, кафедра теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: eechaikovskaya@gmail.com.

Чайковская Евгения Евстафиевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент, кафедра теоретической, общей и нетрадиционной энергетики, Одесский национальный политехнический университет, Украина.

Chaikovskaya Eugene, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: eechaikovskaya@gmail.com

УДК 664.28

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.27941

Прохорова И. А.

ЭКСПЕРТНЫЕ АСПЕКТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЦЕНКИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предложено путем применения компьютеризованных комплексов измерения, описания и воспроизведения цвета оценивать влияние измененной структуры поверхности ткани на интенсивность окрасок и корректировать функцию Гуревича-Кубелки-Мунка на поверхностное отражение субстрата. Рекомендовано при экспертном анализе высокоточного воспроизведения цвета текстильных материалов учитывать отклонения не только в единицах NBS, а принимать во внимание также отклонение по цветовому тону.

Ключевые слова: информационные технологии, экспертная оценка, характеристики цвета.

1. Введение

Колористика текстильных материалов является одним из важнейших элементов создания конкурентоспособного изделия, а надлежащее использование цвета — необходимым условием квалифицированной работы на

международном рынке. Именно поэтому спектральные характеристики окрасок являются наиболее важным потребительским свойством колорированных текстильных материалов. Мировой уровень развития информационных технологий и производства текстильных материалов, достигнутый к настоящему времени, требует разработки